

# 芳村研究室

## [気候システムと水循環]

生産技術研究所 人間・社会系部門 / 千葉実験所 (大気海洋研究所兼務)

Development of Human and Social Systems

工/社会基盤学専攻

同位体気象学

新/自然環境学専攻

http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~kei/lab/

### 気候が変わると水循環も変わる。では、どのように？

The wonder of the water cycle change caused by the climate change

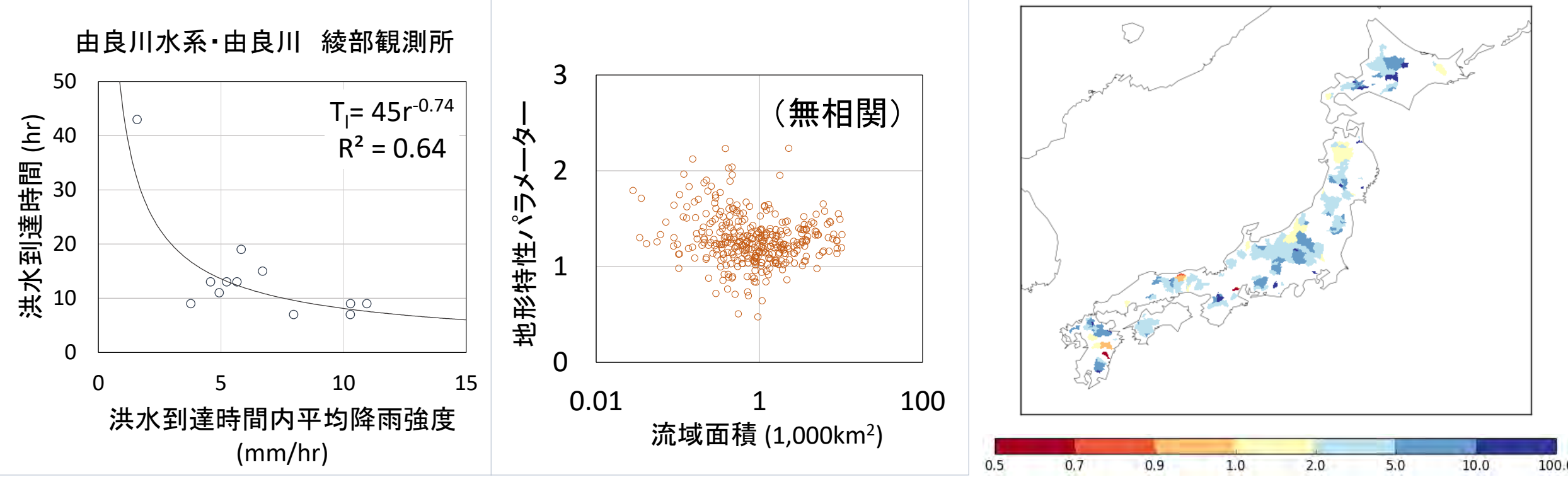
地球上の水循環は、気候変動によって大きな影響を受けると同時に、人類にとって最も大きな影響を及ぼします。大気海洋研究所気候システム研究系気候水循環研究分野では、地球上の水循環を幅広く捉え、様々な角度からのアプローチでそのメカニズムと気候システムとの関係性を解明し、社会への貢献を目指しています。特に、①陸域水文過程モデルの精度向上および地球システムモデルとの結合、②水の安定同位体比等を用いた地球水循環および古気候の解明、③領域地球システムモデル等を用いた高精度な領域気候予測の実現 に注力しています。

#### ①-1 洪水到達時間 及びその計画降雨継続時間との関係

日本の一級河川の洪水到達時間を網羅的に調査し、流域の地形特性、および河川整備基本方針に定められている各水系の計画降雨継続時間との関係について分析を行った。一般に洪水到達時間は上流域面積によって決まるとされるが、本研究では算定式のパラメーターはばらつきが大きく地点ごとに求めるのが適切であること、また一般化する場合でも流域面積ではなく本川長さをを用いる方が妥当であることを示した。

洪水到達時間  
従来の算定式 (角屋の式)  
 $T_l = CA^{0.22}r^{-0.35}$   
新たに提案する算定式  
 $T_l = CL^{0.46}r^{-0.20}$

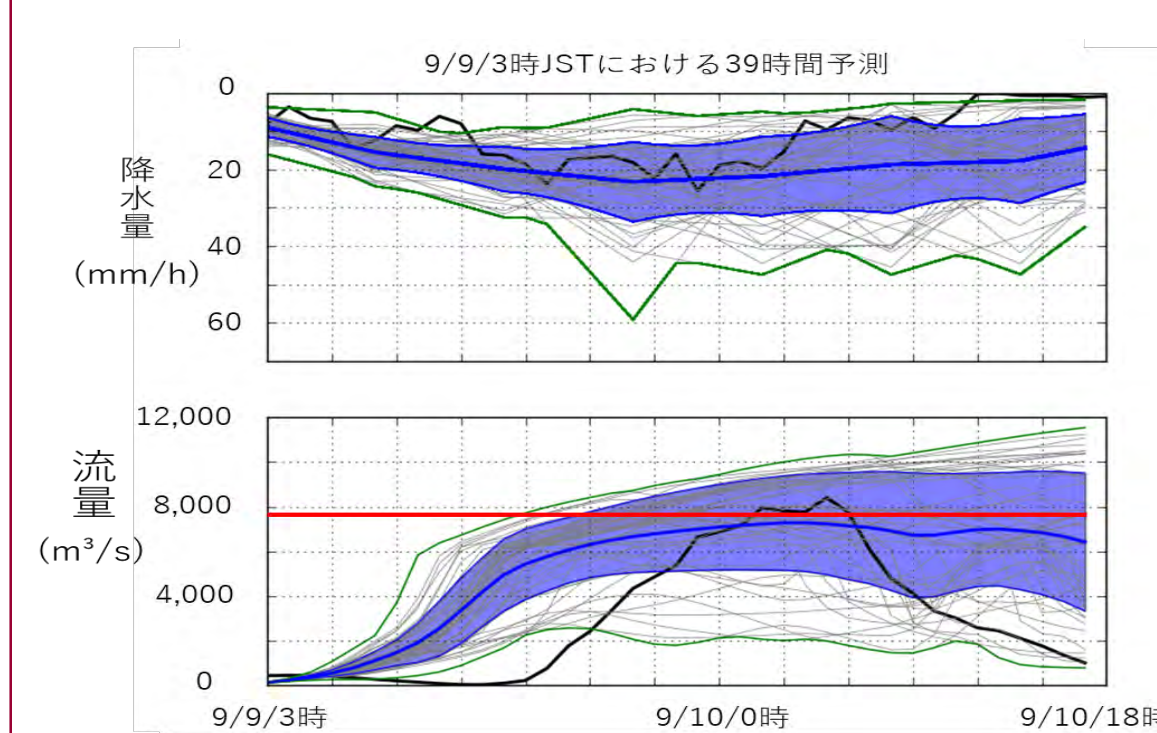
また有意な洪水データが得られた流量観測所のうち、全体の8割の地点で計画降雨継続時間が平均洪水到達時間の2~10倍となっていることが明らかになった(右下)。  
今後は統計期間を延ばして算定式の信頼性を高めるとともに勾配や土壌の湿潤状態なども加えて分析を行う。



左 : (例) 洪水到達時間 $T_l$ と降雨強度 $r$ の関係  
中央 : 洪水到達時間算定式の地形パラメーターと流域面積の関係  
右 : 平均洪水到達時間 $T_l$ と計画降雨継続時間 $T_p$ の比  $T_p/T_l$

[降水データ: 気象庁, 流量データ: 国土交通省]

#### ①-2 数値気象予報データによるアンサンブル洪水予測システムの構築



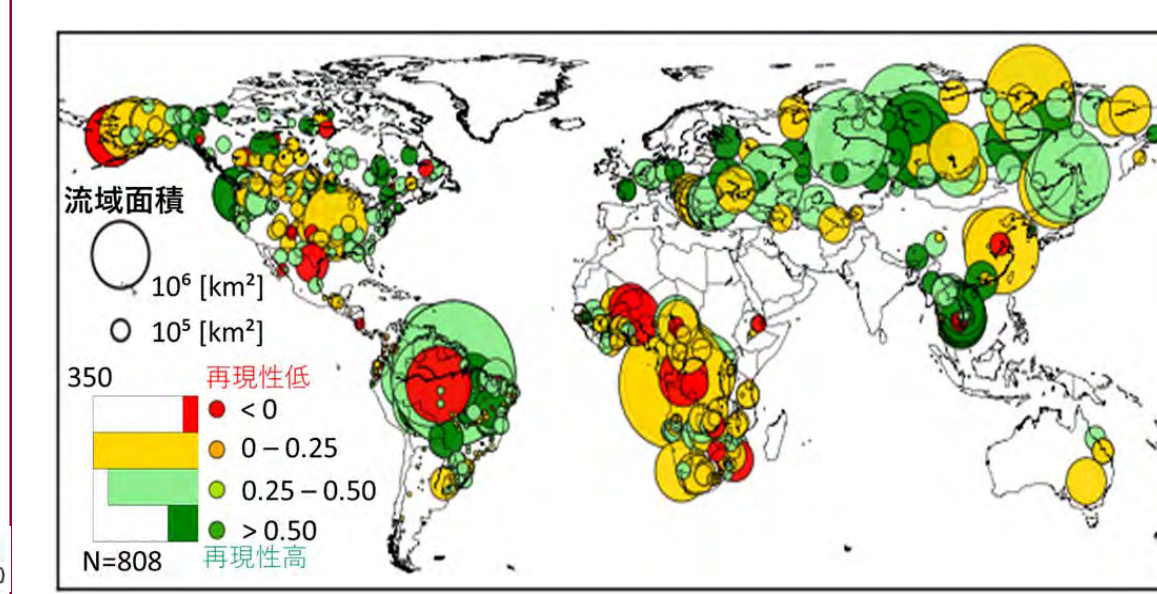
(上)2015年関東東北豪雨による鬼怒川洪水の39時間前予測。黒が観測、灰が各アンサンブルメンバー、青がアンサンブル平均。赤は国で定められた避難判断流量。

雨や気温といった気象予測データをもとに、陸上の物理を計算することで洪水発生を予測するシステムを構築した。

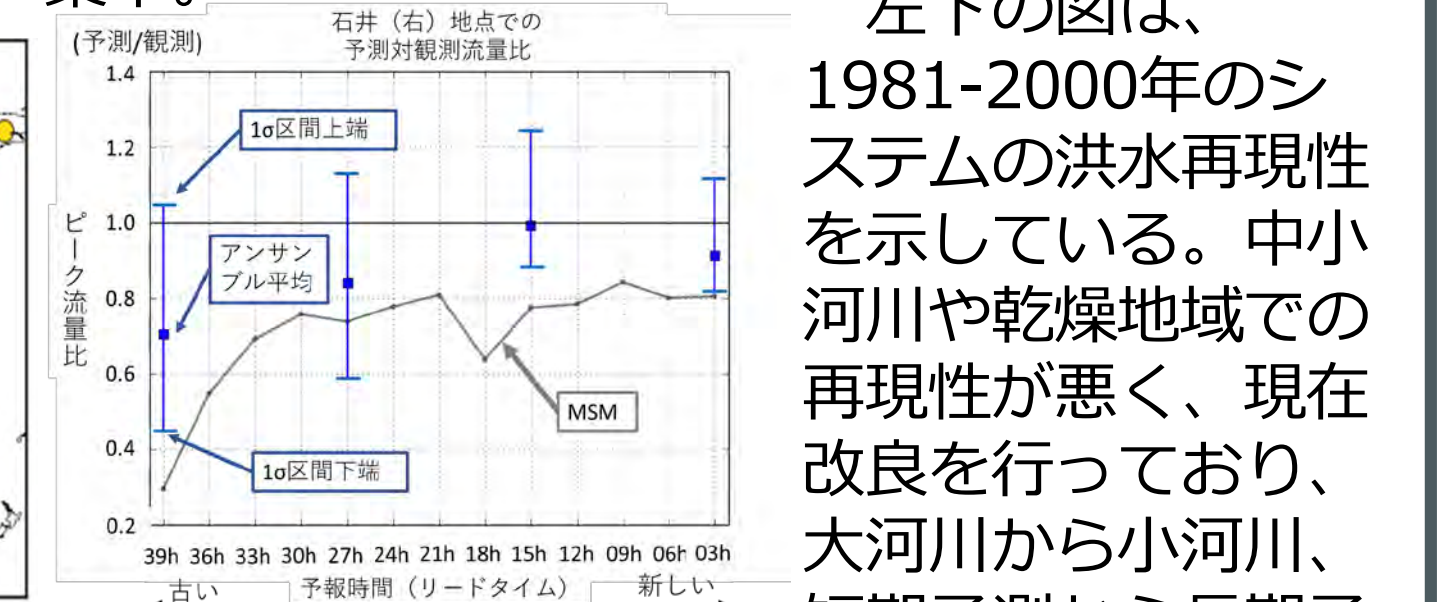
左上の図は日本域において39時間前から5kmの解像度で計算を行った結果を示しており、1日以上前から避難判断流量である赤線を超える予測を行っていた事が分かる。

予測の精度を安定させるため、条件の違う複数のシミュレーションを行うアンサンブル手法を採用しており、これにより洪水発生を確率的に捉える事が可能になる。(右下図)

現在は、日本域のみならず世界全体に拡張し、全球域で洪水発生を予測するシステムを構築中。



(上)1981年から2000年までの全世界での洪水再現性を評価したものの。赤から緑になるにつれて再現性が良いことを示す。

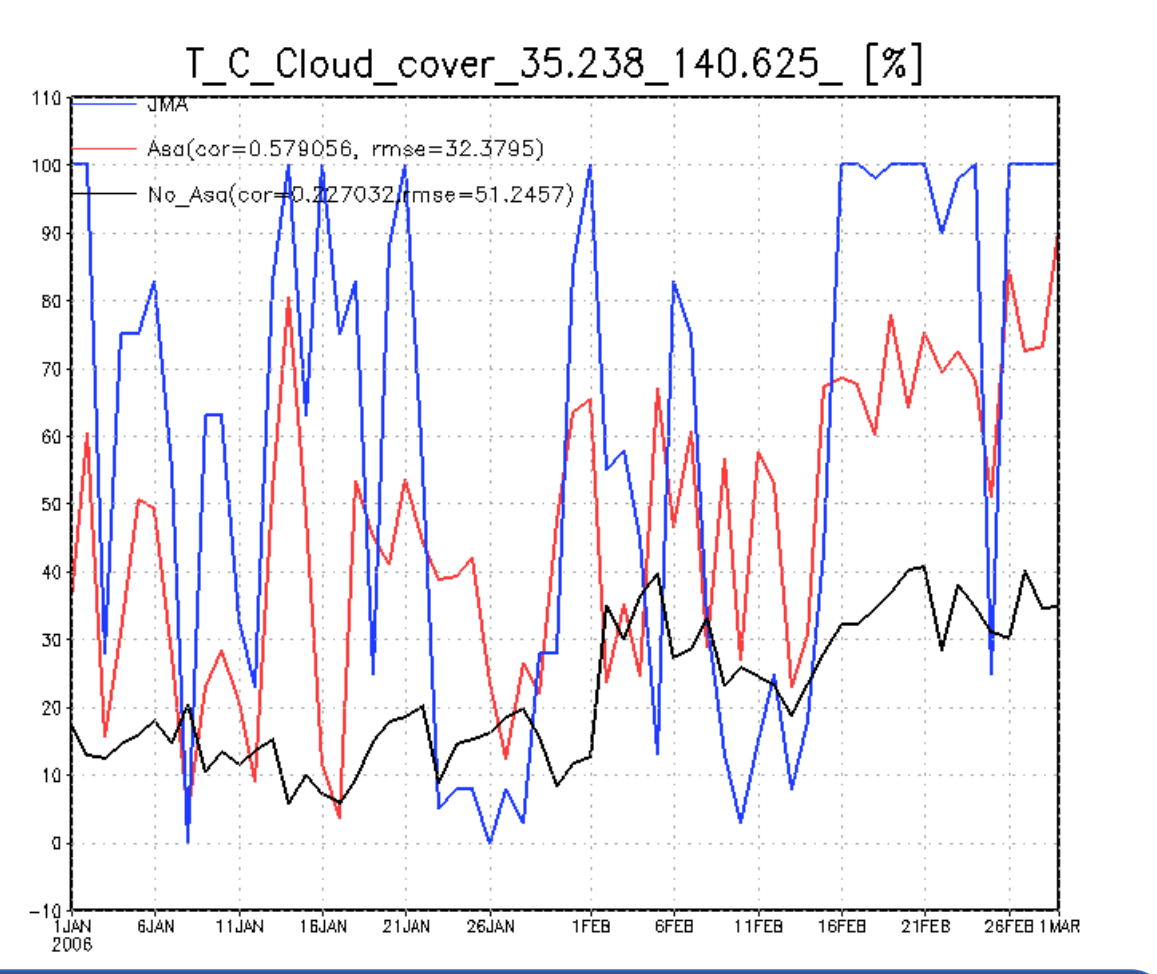
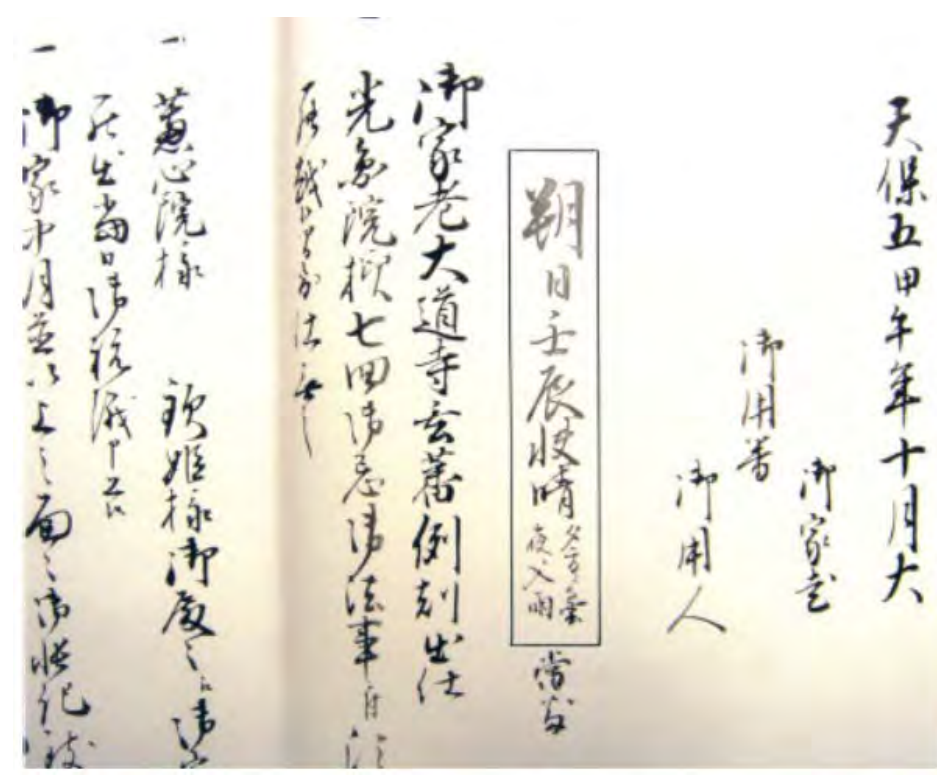


(上)アンサンブル予測と単一予測の予測安定性の違い。アンサンブル予測は常に観測値を捉えている。

左下の図は、1981-2000年のシステムの洪水再現性を示している。中小河川や乾燥地域での再現性が悪く、現在改良を行っており、大河川から小河川、短期予測から長期予測までを行える統合的なシステムを目指している。

#### ② 過去の日記のデータ同化による古気候パターンの再現

天候が記された過去の日記 (T. Mikami et al. (2008))

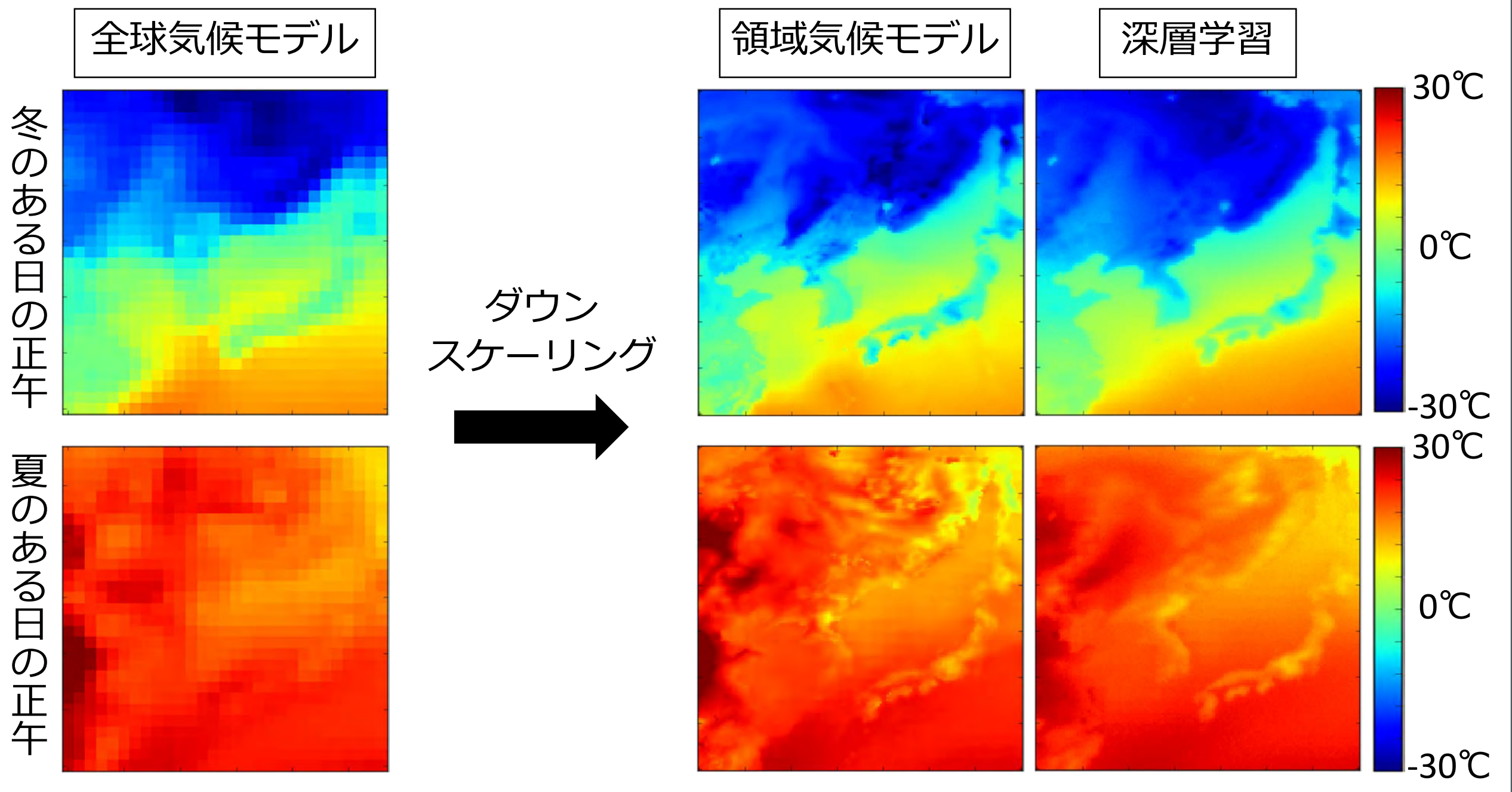


雲量データ同化  
黒: 同化なし, 赤: 同化あり, 青: JMA

過去の気象は数世紀にわたって個人の日記に記録されており、古気候再現の指標として用いることができる。日本では18~19世紀にかけて、天候を記した日記が約20存在する。  
本研究ではデータ同化手法として局所アンサンブル変換カルマンフィルターを、また気候モデルとしてアメリカ国立気象庁(NCEP)の全球モデル(GSM)をそれぞれ用いた。日本の気象庁(JMA)のデータを用いた実験により、非常に限られた情報から大気のおおよその状態が分析可能であることが明らかになった。

#### ③ 深層学習を用いた水文気象場の超解像イメージング

気候変動の影響を研究するために使われている全球気候モデルは、空間分解能が低い為、領域気候モデルによる全球気候モデルの出力の空間詳細化 (= ダウンスケイリング) が行われてきた。しかし、領域気候モデルには、計算コストが高いという欠点があった。本研究では、機械学習の一種である深層学習を用いて、全球気候モデルの出力から領域気候モデルの出力を予測することで、領域気候モデルの低コスト化を行っている。



全球モデル・領域モデル・深層学習による地表面 2 m 気温の予測[°C]